

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-189308  
 (43)Date of publication of application : 10.07.2001

(51)Int. Cl.

H01L 21/31  
 C23C 16/40  
 C23C 16/455  
 C23C 16/505  
 H05H 1/46

(21)Application number : 11-371977  
 (22)Date of filing : 28.12.1999

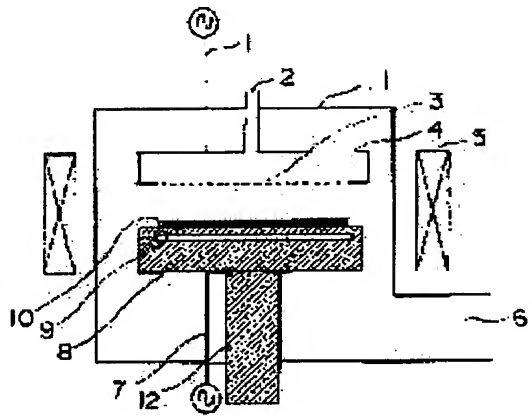
(71)Applicant : TOSHIBA CORP  
 (72)Inventor : FUJITA KEIJI  
 MIYAJIMA HIDESHI

## (54) DEVICE AND METHOD FOR PLASMA TREATMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a parallel plate plasma treatment device, which can improve the in-plane uniformity of a film-forming speed by concentrically introducing a film forming gas to 8 spot, where the film forming speed is slow by changing the structures of gas supplying shower nozzles attached to an upper electrode, and to provide a method of plasma treatment.

SOLUTION: The number of the reaction gas supplying shower nozzles, attached to the upper electrode 4 per unit area, is changed in the plane of a wafer 16. In this way, the in-plane uniformity of the film forming speed is improved by concentrically introducing the film-forming gas to the spot, where the film forming speed is slow. In addition, the opening areas of the nozzles are changed in the plane of the wafer 16. Consequently, the in-plane uniformity of the film forming speed is improved, by concentrically introducing the film forming gas by changing the flow rate of the introduced gas in the plane of the wafer 16. In addition, the film-forming speed and the quality of a formed film are improved, by decomposing the film forming gas having low dissociation efficiency by aggressively making the gas to stay in a high-density plasma by not only introducing the nozzles 13 perpendicularly to the wafer 16 placed on a lower electrode 8, but also obliquely to the wafer 16.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-189308  
(P2001-189308A)

(43) 公開日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

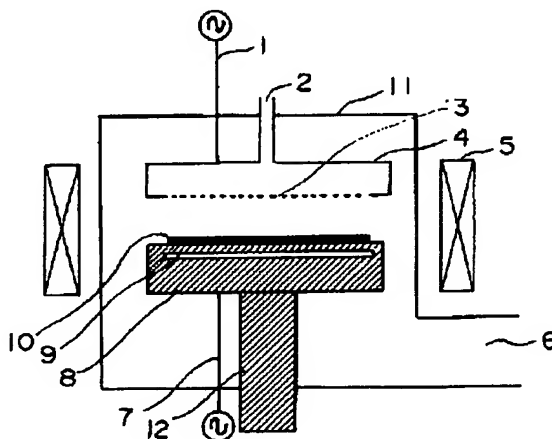
(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 1 L 21/31		H 0 1 L 21/31	C 4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/40		C 2 3 C 16/40	5 F 0 4 5
	16/455		16/455
	16/505		16/505
H 0 5 H 1/46		H 0 5 H 1/46	M
		審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 8 頁)	
(21) 出願番号	特願平11-371977	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22) 出願日	平成11年12月28日 (1999. 12. 28)	(72) 発明者	藤田 敬次 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株 式会社東芝横浜事業所内
		(72) 発明者	宮島 秀史 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株 式会社東芝横浜事業所内
		(74) 代理人	100097629 弁理士 竹村 壽
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

(57) 【要約】

【課題】 上部電極に取り付けたガス供給用シャワーノズルの構造を変えて成膜速度の低いところに集中的に成膜ガスを導入して成膜速度の面内均一性が向上する平行平板型プラズマ処理装置及び方法を提供する。

【解決手段】 上部電極4に取り付けた反応ガス供給用シャワーノズルの単位面積当たりの数をウェハ面内で変化させる。これにより成膜速度の低いところに集中的に成膜ガスを導入し、成膜速度の面内均一性を向上させる。またシャワーノズルの開口面積をウェハ面内で変化させる。これによりガス導入流量を面内で変化させ成膜速度の低い所に集中的にガスを導入して成膜速度の面内均一性を向上させる。またシャワーノズル13を下部電極8上のウェハ16に対して垂直導入するものだけでなく斜め導入する事によって高密度プラズマ中に低い解離効率のガスを積極的に滞在させてガスを分解し成膜速度と膜質の向上を図る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被処理基体を載置する下部電極と、前記下部電極と対向配置された上部電極と、前記上部電極表面又は前記下部電極表面に取り付けられ、前記下部電極又は前記上部電極に対向配置された複数のガス導入口とを備え、

前記複数のガス導入口の単位面積あたりの数が前記上部電極の面内位置に応じて異なると共に、前記下部電極と前記上部電極との間に電圧を印加して、プラズマを発生させ、このプラズマを利用して前記被処理基体に所定の処理を施すことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 前記ガス導入口の少なくとも1つは、被処理基体に対して90度より大きい角度もしくは90度より小さい角度を有していることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】 マグネトロン放電を利用して前記下部電極と前記上部電極との間にプラズマを発生させることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 前記プラズマは、プラズマCVD処理を行うことを特徴とする請求項3に記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】 前記上部電極もしくは前記下部電極には特定の周波数を有する高周波電源が少なくとも1台接続されていることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】 前記上部電極もしくは前記下部電極には異なる周波数を有する高周波電源が2台接続されていることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】 前記上部電極及び下部電極には異なる高周波電源が接続されていることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項8】 前記異なる高周波電源は、それぞれ異なる周波数を有することを特徴とする請求項7に記載のプラズマ処理装置。

【請求項9】 前記下部電極には載置した被処理基体を加熱する機構、加熱及び冷却する機構もしくは冷却する機構を有することを特徴とする請求項1乃至請求項8に記載のプラズマ処理装置。

【請求項10】 前記ガス導入口のガス導入流量は、前記上部電極の面内位置に応じて異なることを特徴とする請求項1乃至請求項9に記載のプラズマ処理装置。

【請求項11】 請求項4に記載のプラズマ処理装置において、前記被処理基体が収容された反応容器内には、原料ガスとしてSiF<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>、あるいはSiF<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>及びSiH<sub>4</sub>をガス導入用ノズルから供給し、この反応容器内で放電を励起して、前記被処理基体上にSi、O、Fを主成分とする絶縁膜を堆積させることを特徴とするプラズマ処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電極間に電圧を印加してプラズマを発生させ、このプラズマを利用して被処理基体に必要な処理を施すプラズマ処理装置に係り、とくに反応ガスの解離効率の高いプラズマCVD装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体装置を形成するウェハ処理工程において、プラズマ処理装置を利用するプラズマ処理は、重要な工程の1つである。プラズマ処理装置を用いた処理は、例えば、CVD処理における成膜速度や膜質、エッチング処理におけるエッチング速度やエッチング形状などの向上やウェハ面内のそれらの均一性の向上が非常に重要である。平行平板型プラズマ処理装置において、処理効率を上げるために上部、下部電極間のプラズマの高密度化が求められている。そのためには、①磁石によるプラズマの閉込め効果を上げること、②放電周波数を上げることによる電極間におけるイオン・電子のトラップ増加などが有効であると考えられる。実際に、磁石強度を120 Gauss から320 Gaussへ上げることや放電周波数を13.56 MHzから60 MHzに上げることがプラズマ処理の効率に有効であることが分かっている。しかし、上部電極に高周波電圧を印加すること及び磁石のアシストを利用することを実施すると、上部電極表面にプラズマ密度の高い領域、集中“電子溜まり”ができ、平行平板電極間においてプラズマ密度分布に偏りが顕著に生じ、電極間の全領域に均一な高密度プラズマを実現させることは困難である。

【0003】図8は、従来のプラズマ処理装置の模式的な概略断面図である。図において、反応室（チャンバ）は、真空排気口を持ち、気密状態になっている。上蓋には上部電極104が取り付けられている。マグネトロン放電のための磁石（図示せず）は、チャンバ側面に設置されている。上部電極104は、上面から下面に貫通する微小孔を多数有する円盤状のシャワーノズルを有している。上部電極104に対して高周波電圧を印加する高周波電源101が設けられている。下部電極108は、支柱により支持されている。この支柱は、昇降可能に構成されていて、電極間の間隔を変更することができるようになっている。下部電極108上にはシリコンウェハなどの被処理基板110と、基板支持部との熱伝導を保つため静電力により被処理基板をチャックする静電チャック機構が設けられている。下部電極108には高周波電圧を印加する高周波電源107が設けられている。供給される反応ガスは、シャワーノズルから被処理基板に向けて噴射されて供給される。高周波電源101、107から印加された高周波電圧によってチャンバ内に供給された反応ガスがプラズマ化され、このプラズマによって被処理基板の表面がプラズマ処理される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような通常の平行平板電極を有するタイプのプラズマ処理装置は、ガスを反応領域に供給するシャワーノズルがウェハに対して垂直な方向にガスを導入しているため、解離エネルギーが高い原料ガスを上部電極シャワーノズルから導入すると、供給されるガスが被処理基板に対して垂直方向に導入されるために、上部電極周辺のプラズマ密度の高い領域にガスが滞在する時間が限られてしまい、十分に反応性ガスの解離ができない。そのため、十分な成膜速度及び膜質を得ることができない。つまり、プラズマが高密度化されてもプラズマ処理の効率を上がらない場合があった。

【0005】また、平行平板型プラズマ処理装置において、電極間のプラズマを高密度化するために、電極間の間隔を狭くすることが有用であると考えられている。しかし、電極間を狭めると、ウェハ中心部と周辺部での排気性能が異なってしまう、ウェハ面内で圧力差が生じてしまい面内均一性を向上させることが困難であった。また、ウェハ周辺部は、下部電極の周辺部にあたるため、電極間を狭くするとガスやプラズマの不均一性の影響が顕著に生じ易く、ウェハ周辺部の成膜不均一性がウェハ面内均一性の向上を妨げていた。本発明は、このような事情によりなされたものであり、上部電極に取り付けたガス供給用シャワーノズルの構造を変えてガスを斜めに導入して成膜速度と膜質の向上をはかり、また、成膜速度の低いところに集中的に成膜ガスを導入し、成膜速度の面内均一性の向上が図れる平行平板型プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法を提供する。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、平行平板型プラズマ処理装置において、上部電極に取り付けた反応ガスを供給するシャワーノズルの単位面積当たりの数をウェハ面内で変化させること、シャワーノズルの開口面積をウェハ面内で変化させること及びシャワーノズルの一部をウェハ面に対して垂直より斜めにすることを特徴としている。単位面積あたりのシャワーノズルの数を対向するウェハ面内で変化させることによって成膜速度の低いところに集中的に成膜ガスを導入し、成膜速度の面内均一性の向上が図られる。シャワーノズルの開口面積を対向するウェハ面内で変化させることによりガス導入流量を面内で変化させ、成膜速度の低いところに集中的に成膜ガスを導入して成膜速度の面内均一性の向上が図られる。また、シャワーノズルをウェハに対して垂直に導入するだけでなく斜めに導入することによってその領域の高密度プラズマ中に低い解離効率のガスを積極的に滞在させガスを分解させて成膜速度と膜質の向上が図られる。

【0007】すなわち、本発明のプラズマ処理装置は、被処理基体を載置する下部電極と、前記下部電極と対向

配置された上部電極と、前記上部電極表面又は前記下部電極表面に取り付けられ、前記下部電極又は前記上部電極に対向配置された複数のガス導入口とを備え、前記複数のガス導入口の単位面積あたりの数が前記上部電極の面内位置に応じて異なり、前記下部電極と前記上部電極との間に電圧を印加して、プラズマを発生させ、このプラズマを利用して前記被処理基体に所定の処理を施すことを特徴としている。前記ガス導入口の少なくとも1つは、被処理基体に対して90度より大きい角度もしくは90度より小さい角度を有するようにしても良い。マグネトロン放電を利用して前記下部電極と前記上部電極との間にプラズマを発生させるようにしても良い。前記プラズマは、プラズマCVD処理を行うようにしても良い。前記上部電極もしくは前記下部電極には特定の周波数を有する高周波電源が少なくとも1台接続されているようにしても良い。前記上部電極もしくは前記下部電極には異なる周波数を有する高周波電源が2台接続されているようにしても良い。前記上部電極及び下部電極には異なる高周波電源が接続されているようにしても良い。

【0008】前記異なる高周波電源は、それぞれ異なる周波数を有するようにしても良い。前記下部電極には載置した被処理基体を加熱する機構、加熱及び冷却する機構もしくは冷却する機構を有するようにしても良い。前記ガス導入口のガス導入流量は、前記上部電極の面内位置に応じて異なるようにしても良い。本発明のプラズマ処理方法は、前記プラズマ装置を使用してプラズマCVD処理を行う処理方法において、前記被処理基体が収容された反応容器内には、原料ガスとしてSiF<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>、あるいはSiF<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>及びSiH<sub>4</sub>をガス導入用ノズルから供給し、この反応容器内で放電を励起して、前記被処理基体上にSi、O、Fを主成分とする絶縁膜を堆積させることを特徴としている。

## 【0009】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して発明の実施の形態を説明する。まず、図1及び図2を参照して第1の実施例を説明する。図1は、本発明のプラズマCVD装置の模式的な概略断面図である。図において、反応室（チャンバ）11は、真空排気口6を持っており、気密を保持することができるようになっている。チャンバ11上部の上蓋は、上部電極4を支持している。また、マグネトロン放電を発生させるための磁石5がチャンバ側面に設置されている。上部電極4は、上面から下面に貫通する微小孔3を多数有する円盤状のシャワーノズルを有している。上部電極4には高周波電圧を印加する高周波電源1が設けられている。下部電極8は、支柱12により支持されており、この支柱は昇降可能に構成されていて電極間の間隔を適宜変更することができる。また、支柱12の上部に設置された下部電極8内には温度を一定に保つために冷却剤を循環させる冷却パイプとヒータ

ー9が内蔵されている。

【0010】また、下部電極8の上にはシリコンウェハなどの被処理基板10と、基板支持部との熱伝導を保つため静電力により被処理基板10をチャックする静電チャック機構(図示しない)が設けられている。下部電極8は、支柱12を介して高周波電圧を印加する高周波電源7を備えている。上部電極4は、ガス供給パイプ2に接続されており、チャンバ11内に供給される反応ガスは、ガス供給パイプ2からシャワーノズルの微小孔3より被処理基板10に向けて噴射される。図2は、図1に示すシャワーノズルの微小孔3部分を拡大した部分断面図である。下部電極8と上部電極4間のチャンバ内空間11'のシャワーノズルを含んだ詳細な構成が示されている。図2に示す様に、ガス供給用シャワーノズル13は、対向して配置された被処理基板であるウェハ16に対して垂直方向を向いたノズルではなく、任意の角度に0°から180°までの範囲でガス流入角度が設定されたノズルを使用している。上部電極面内での単位面積あたりのガス供給用ノズル13の数及びノズルからのガス導入量も上部電極面内(すなわち、対向するウェハ面内)位置に応じて任意に設定されている。例えば、シャワーノズル13の開口面積を変化させてガス導入量のコントロールが可能である。図2は、シャワーノズル13のガス供給方向を一定とし、上部電極4面内での単位面積あたりのガスノズルの数を一定とし、且つガスノズルからのガス導入量を一定とした場合の例である。

【0011】次に、図1及び図2を参照してプラズマ処理装置の動作を説明する。具体的には、この処理装置によって弗素(F)を含有したシリコン酸化膜(低誘電率化膜)を堆積させるプラズマCVD成膜を説明する。まず、排気口6を介してチャンバ11を真空中に排気する。次に、被処理基体であるシリコンウェハ16を下部電極8の支持台上に設置し、抵抗加熱ヒータ9を用いて所望の処理温度(370℃)に加熱した後、ガス供給用シャワーノズル13から弗素添加シリコン酸化膜(F:SiO<sub>2</sub>)を形成するための原料ガスを導入する。原料ガスとして、SiF<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>をそれぞれ、20sccm、100sccm導入し、圧力30mTorrで放電を行ってプラズマCVD法で弗素添加SiO<sub>2</sub>膜を堆積させる。放電は、上部電極4に対して高周波電圧を印加する高周波電源1からの3000Wで行う。その際、スパッタリングを効果的に行うため、シリコンウェハにDCバイアスを印加する高周波電源7に300Wを出力させた。上部電極4には、27.12MHzの周波数の高周波電圧を印加し、下部電極8には、2MHzの周波数の高周波電圧を印加した。磁石の強度は、120ガウス(Gauss)である。

【0012】上記条件下で電極間に発生したプラズマ領域は、図2にあるように高密度プラズマ領域14と低密度プラズマ領域15となる。高密度プラズマ領域14は

上部電極4近傍に集中し、シリコンウェハ16近傍には低密度プラズマ領域15が形成される。ここで、ガス流入方向がウェハ16の対向する面に対して垂直方向でなく斜めになっているので、ガスがウェハ16に到達するまでの高密度領域14に曝されている時間が長くなる。ウェハ16に対してガスを垂直方向に導入すると、ガスがウェハ16に到達するまでの高密度領域14に曝される時間は、斜めに導入するより小さくなる。したがって、このウェハに到達するまでの高密度領域に曝される時間が長くなる作用により、解離効率の低いSiF<sub>3</sub>、ガスの解離効率が向上して効率良く弗素添加シリコン酸化膜が堆積される。このように、チャンバ内に導入されるガスのプラズマ中での解離効率に応じてガス導入方向を変化させることにより、ウェハ(低密度プラズマ領域)に達するまでのガスの分解効率が向上し、成膜速度が向上する。上記成膜条件で実験を行った結果、ガス導入方向がすべてウェハに対して垂直であるノズルを使用し、同一の成膜条件で行った従来の実験結果と比較して30%程度の成膜速度の向上が確認された。

【0013】また、上記成膜条件で実験を行った結果、成膜中の原子組成比を蛍光X線で評価すると、化学量論的組成に則った弗素添加シリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>)が形成されていた。また、弗素(F)濃度12.0原子%程度の膜を成膜1週間後にFT-IR測定したところ、成膜中に水分が吸収されたことを示す3800cm<sup>-1</sup>付近のSi-OH、H-OHの結合ピークはみられなかった。膜の安定性を吸湿性の観点から考慮すると、非常に安定な弗素添加シリコン酸化膜でと考えられる。このようにプラズマCVD装置によって堆積膜の十分な成膜速度及び膜質を得ることが可能になる。従来の方法では、SiF<sub>3</sub>、ガスの十分な解離が行われず、膜中の原子組成比を蛍光X線で評価すると、化学量論的組成である場合に期待されるSi原子数より過剰のSiが成膜中に存在し、同一のF濃度を添加したSiO<sub>2</sub>膜と比較して比誘電率の上昇を招いていた。F濃度12.0原子%程度の膜を成膜1週間後にFT-IR測定を行ったところ成膜中に水分が吸収されたことを示す3800cm<sup>-1</sup>付近のSi-OH、H-OHの結合ピークが見られた。膜の安定性を吸湿性の観点から考慮すると、非常に不安定な膜と考えられる。

【0014】そのほか、SiH<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>、ガスあるいはSiF<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>及びSiH<sub>4</sub>、ガスでも同様の効果が得られた。また、上部電極4に対して高周波電源1の高周波電圧とは異なる周波数の高周波電圧を印可することによって、さらに成膜速度の改善があることが分かった。また、下部電極8に対して高周波電源7の高周波電圧とは異なる周波数の高周波電圧を印可することによって、さらに膜質の改善が図れることが分かった。

【0015】次に、図3を参照して第2の実施例を説明する。図3は、図1に示すシャワーノズルの微小孔3部

分を拡大した部分断面図である。すなわち、下部電極8と上部電極4間のチャンバ内空間11'のシャワーノズルを含んだ詳細な構成が示されている。図3に示す様に、ガス供給用シャワーノズル17は、対向して配置された被処理基板であるシリコンウェハ20に対して垂直方向を向いたノズルだけではなく、任意の角度に0°から180°までの範囲でガス流入角度が設定されたノズルを使用している。上部電極面内での単位面積あたりのガス供給用ノズル17の数及びノズルからのガス導入力も上部電極面内（すなわち、対向するウェハ面内）位置に応じて任意に設定されている。例えば、シャワーノズル17の開口面積を変化させてガス導入力量のコントロールが可能である。図3に示す実施例では、上部電極4に取り付けられたガス供給用シャワーノズル17を用いてガス導入方向もしくはガス供給方向を上部電極4の中心部分と周辺部分で角度を任意に変えるが可能になる。

【0016】この実施例のように、チャンバ内に導入される反応ガスのプラズマ中での解離効率に応じてガス導入方向もしくはガス供給方向を変化させることにより、シリコンウェハもしくは低密度プラズマ領域19（上部電極近傍は、高密度プラズマ領域18になっている）に達するまでのガスの分解効率が向上して成膜速度が向上する。

【0017】次に、図4を参照して第3の実施例を説明する。図4は、図1に示すシャワーノズルの微小孔3部分を拡大した部分断面図である。すなわち、下部電極8と上部電極4間のチャンバ内空間11'のシャワーノズルを含んだ詳細な構成が示されている。図4に示す様に、ガス供給用シャワーノズル21は、対向して配置された被処理基板であるシリコンウェハ24に対して垂直方向を向いており、上部電極4の面内の単位面積あたりの数を場所によって変えることやシャワーノズル21の開口面積を場所によって変えている。上部電極4近傍には高密度プラズマ領域22が形成されており、下部電極8及びウェハ24の近傍には低密度プラズマ領域23が形成されている。シャワーノズル21の開口面積を変化させてガス導入力量のコントロールを行う。ガス導入力量を多くするために、シャワーノズル21の単位面積あたりの数を大きくすることやシャワーノズル21の開口面積の大きさを上部電極4の中心部に比べて周辺部で大きくすることにより、成膜速度の改善のみならず、シリコンウェハ24全面での成膜速度の分布特性が向上し、従来の構造のガス導入口を使用した場合と比較して成膜速度が均一化する。

【0018】次に、図5乃至図7を参照して第4の実施例を説明する。図5は、本発明のプラズマ処理装置の模式的な概略断面図及びこの断面図のA部分の拡大断面図、図6は、シャワーノズルが配置されたプラズマ処理装置の上部電極平面図、図7は、シャワーノズルが配置されたプラズマ処理装置の上部電極の他の例を示す平面

図及びこの平面図のB部分の拡大断面図である。例えば、図2に示すように、反応ガスに対する高周波電圧の印加により発生する上部及び下部電極間のプラズマ領域は、上部電極4の近傍に高密度プラズマ領域14が集中し、下部電極8の近傍は、低密度プラズマ状態（15）になっている。この高密度プラズマ領域14は、均一な厚さであるように描いてあるが、実際は、チャンバ外周部は、排気口などがあり、圧力が低いのでプラズマ放電効率が悪く、したがって、高密度プラズマ領域14は、周辺部が薄い形状になっている。図5に示すプラズマ処理装置では、上記高密度プラズマ処理領域の形状に対応して、上部電極44外周部の下部電極48との間の距離は、内周部の下部電極48との間の距離より短くなっている。つまり、上部電極44は、ウェハ42と対向する面が凹レンズ状に中央が凹んでいる。

【0019】図5(a)において、反応室（チャンバ）は、真空排気口を持ち、気密状態になっている。上蓋には上部電極44が取り付けられている。マグネトロン放電のための磁石（図示せず）は、チャンバ側面に設置されている。上部電極44は、上面から下面に貫通する微小孔を多数有する円盤状のシャワーノズルを有している。上部電極44に対して高周波電圧を印加する高周波電源41が設けられている。下部電極48は、支柱により支持されている。この支柱は、昇降可能に構成されていて、電極間の間隔を変更することができるようになっている。下部電極48上にはシリコンウェハ42が載置され、基板支持部との熱伝導を保つため静電力によりシリコンウェハをチャックする静電チャック機構が設けられている。また、下部電極48には高周波電圧を印加する高周波電源47が設けられている。供給される反応ガスは、シャワーノズルから被処理基板に向けて噴射されて供給される。高周波電源41、47から印加された高周波電圧によってチャンバ内に供給された反応ガスがプラズマ化され、このプラズマによってシリコンウェハの表面がプラズマ処理される。

【0020】従来の平行平板電極を有するタイプのプラズマ処理装置は、ガスを反応領域に供給するシャワーノズルがウェハに対して垂直な方向にガスを導入しているため、解離エネルギーが高い原料ガスを上部電極シャワーノズルから導入すると、供給されるガスがウェハに対して垂直方向に導入されるために、上部電極周辺のプラズマ密度の高い領域にガスが滞在する時間が限られてしまい、十分に反応性ガスの解離ができない。そのため、十分な成膜速度及び膜質を得ることができない。つまり、プラズマが高密度化されてもプラズマ処理の効率を上がらない場合があった。また、平行平板型プラズマ処理装置において、電極間のプラズマを高密度化するために、電極間の間隔を狭くすることが有用であると考えられている。しかし電極間を狭めると、ウェハ中心部と周辺部での排気性能が異なってしまう、ウェハ面内で圧力



差が生じてしまい面内均一性を向上させることが困難であった。また、ウェハ周辺部は、下部電極の周辺部にあったため、電極間を狭くするとガスやプラズマの不均一性の影響が顕著に生じ易く、ウェハ周辺部の成膜不均一性がウェハ面内均一性の向上を妨げていた。

【0021】そこで、図5(b)に示すように、この実施例では、供給される反応ガスの滞在を長くするために、先端部分がウェハ42と垂直に対向していない、ウェハの垂線と角度を持ったシャワーノズル45と、ウェハと垂直に対向するシャワーノズル43とを用いている。上部電極44の周辺部分には先端がウェハ42の内部に向いているウェハの垂線と角度を持ったシャワーノズル45が設けられ、これより内部にはウェハと垂直に対向するシャワーノズル43が設けられている。図6は、この上部電極のウェハに対向する面の平面図である。シャワーノズル43、45は、等間隔に同心円状に配置形成されている。このシャワーノズルの配置構造により電極間に形成される高密度プラズマ領域は上部電極のどの領域でも均一にしかも厚く形成される。この実施例では、図7に示すように、シャワーノズルの形状及び配置を考慮して、さらに均一な高密度プラズマ領域を形成することができる。

【0022】このプラズマ処理装置は、シャワーノズル51、52、53を備えた上部電極54とこれに対向し、例えば、シリコンウェハ55が載置された下部電極58を有している。上部電極54の周辺部分は、ガス導入量を多くするために、シャワーノズル51の単位面積あたりの数を多くし、またシャワーノズル51の開口面積を大きくし、シャワーノズル51のガス導入方向もしくはガス供給方向を上部電極4の内部方向を向くように中心部分と周辺部分で角度を任意に変えている。中心部分のシャワーノズル53は、ウェハ55にほぼ垂直に対向している。この実施例のように、チャンバ内に導入される反応ガスのプラズマ中での解離効率に応じてガス導入方向もしくはガス供給方向を変化させることにより、シリコンウェハもしくは低密度プラズマ領域に達するまでのガスの分解効率が向上して成膜速度が向上する。シャワーノズルの単位面積あたりの数を大きくすることやシャワーノズルの開口面積の大きさを上部電極の中心部に比べて周辺部で大きくすることにより、成膜速度の改善のみならず、シリコンウェハ55全面での成膜速度の分布特性が向上し、図8のような従来構造のガス導入口を使用した場合と比較して成膜速度が均一化する。

【0023】以上、各実施例で説明したように、電極間を狭くすると、ウェハ周辺部はガスやプラズマの不均一性をうけ成膜速度の分布特性が悪くなる。そこで上部電極の周辺部で、ガス導入方向角度を大きくし、シャワーノズルの単位面積あたりの数を大きくし、シャワーノズルの開口面積を大きくするなどしてガス導入流量を増や

すことによって、8インチ径のシリコンウェハ上に成膜した場合には、面内の成膜速度のばらつきが偏差で示すと5であったものが2に改善された。また、成膜後のF濃度もシリコンウェハの中心部と周辺部分で12.0原子%に制御することが可能になり、面内での成膜膜質のバラツキが減少した。

【0024】

【発明の効果】本発明は、以上の構成により、上部電極の単位面積あたりのシャワーノズルの数を面内で変化させることによって成膜速度の低いところに集中的に成膜ガスを導入することができる、シャワーノズルの開口面積を面内で変化させることでガス導入流量を面内で変化させ、成膜速度の低いところに集中的に成膜ガスを導入することができる、シャワーノズルをウェハに対して垂直に導入するだけではなく斜めに導入することによって、高密度プラズマ中に低い解離効率のガスを積極的に滞在させガスを分解することができる等の作用により、成膜速度と膜質の向上と、それらのシリコンウェハ全面での分布特性の向上が実現される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のプラズマCVD装置の模式的な概略断面図。

【図2】図1に示すシャワーノズルの微小孔3部分を拡大した部分断面図。

【図3】図1に示すシャワーノズルの微小孔3部分を拡大した部分断面図。

【図4】図1に示すシャワーノズルの微小孔3部分を拡大した部分断面図。

【図5】本発明のプラズマ処理装置の模式的な概略断面図及びこの断面図のA部分の拡大断面図。

【図6】本発明のシャワーノズルが配置されたプラズマ処理装置の上部電極平面図。

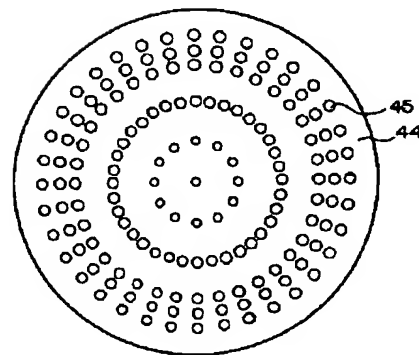
【図7】本発明のシャワーノズルが配置されたプラズマ処理装置の上部電極の他の例を示す平面図及びこの平面図のB部分の拡大断面図。

【図8】従来のプラズマ処理装置の概略断面図。

【符号の説明】

1、7、41、47、101、107・・・高周波電源、2・・・ガス供給パイプ、3・・・微小孔、4、44、54、104・・・上部電極、5・・・磁石、6・・・排気口、8、48、58、108・・・下部電極、9・・・ヒータ、10、16、20、24、42、55、110・・・ウェハ(被処理基板)、11・・・反応室(チャンバ)、11'・・・チャンバ内空間、12・・・支柱、13、17、43、45、51、52、53・・・シャワーノズル、14、18、22・・・高密度プラズマ領域、15、19、23・・・低密度プラズマ領域。

【图 1】

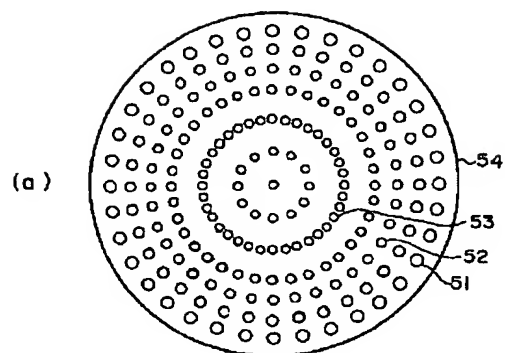




(8)

特開2001-189308

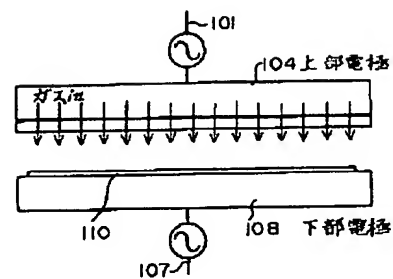
【図7】



(b)



【図8】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4K030 AA04 AA06 AA14 BA44 CA04  
 CA12 EA05 FA01 KA17 KA23  
 KA26 KA30 LA02  
 5F045 AA08 AB31 AC01 AC02 AC11  
 AD07 AE17 AF03 BB02 BB09  
 DP03 EE12 EE17 EE20 EF01  
 EF05 EF07 EH04 EH05 EH07  
 EH14 EH16 EH20 EJ05 EJ09  
 EM05